

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Chladicí zařízení pro rehabilitaci oblasti kolenního kloubu

Cooling Device for Physiotherapy of Knee Area

Student:

Martin Březík

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Březík**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma: **Chladicí zařízení pro rehabilitaci oblasti kolenního kloubu**
Cooling Device for Physiotherapy of Knee Area
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu uplatnění rehabilitačního chlazení v oblasti kolenního kloubu navrhnete zařízení. Při zpracování návrhu zařízení vycházejte z českého patentového spisu 303 114.

Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – upřesnění zadání, seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.
2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci zařízení.

Rozsah výtahu z rešerše z Bakalářského projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 1A0

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka*. Zürich: Heurista, 1995, 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. FS_SME_05_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŽE – zpracovaná v rámci Bakalářského projektu.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:

16.5.2016

Michal Brunk

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

16.5.2016

..... Martin Březík

Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Březík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Klečůvka 1, Zlín 763 11

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BŘEZÍK, M. *Chladicí zařízení pro rehabilitaci oblasti kolenního kloubu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a zařízení, 2016, 74 s. Vedoucí práce: Noga, Z.

Bakalářská práce se zabývá návrhem chladicího zařízení pro účely léčby a rehabilitaci oblasti kolenního kloubu. Návrh vychází z anatomie lidského kolena a jeho nejčastějších zdravotních problémů. Na State of the Art chlazení tkáně navazuje metodický návrh konstrukce, zahrnující technický proces, kompletní funkční strukturu, morfologickou matici, orgánovou strukturu a výběr varianty dle předem zvolených kritérií. Návrh hrubé stavební struktury je podložen výpočty. Čistá stavební struktura obsahuje prostorové modely a výrobní dokumentaci navrženého zařízení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

BŘEZÍK, M. *Cooling Device for Physiotherapy of Knee Area: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2016, 74 p. Thesis head: Noga, Z.

Bachelor thesis is dealing with design of cooling device for treatment and rehabilitation of the human knee joint area. The proposal builds on the anatomy of the human knee and its the most common health problems. After the State of the Art cooling tissue follows methodical construction design, including technical process, complete functional structure, morphological matrix, organ structure and selection of variants according to pre-selected criteria. Gross building structure is supported by calculations. Clean building structure includes 3D models and technical drawing of the device.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
1 Úvod	13
2 Úvod do problematiky kolenního kloubu	14
2.1 Základní anatomie kolenního kloubu	14
2.2 Nejčastější poranění kolenního kloubu	15
3 Léčba chladem	16
3.1 Řízená hypotermie a léčba chladem při rehabilitaci	16
4 Dosavadní stav techniky	17
4.1 Chlazení ledem	17
4.2 Chladicí spreje	17
4.3 Chladicí gely	18
4.4 Systémy s cirkulací chladicí kapaliny	18
4.5 Zhodnocení dosavadního stavu techniky	20
5 Upřesnění zadání	21
6 Konzultace tématu s ortopedem	22
7 Požadavkový list.....	23
8 Kritéria hodnocení pro výběr konceptu	24
9 Technický proces.....	25
9.1 Schéma technického procesu	26
10 Funkční struktura	27
10.1 Seznam funkcí	27
10.2 Funkční strom.....	28
10.3 Funkční blokové schéma.....	29
11 Morfologická matice	30
12 Orgánová struktura	31
12.1 Schéma orgánové struktury varianty A	31
12.2 Popis varianty A.....	32
12.3 Schéma orgánové struktury varianty B	33
12.4 Popis varianty B.....	34
12.5 Výběr konceptu	35
13. Hrubá stavební struktura vybraného konceptu	36
13.1 Primární chladicí systém navrhovaného zařízení	37
13.1.1 Chlazený výkon a volba peltierova článku	37
13.1.2 Tepelný výkon lidského kolene	38

13.1.3 Akumulované teplo primárního chladicího systému	41
13.1.4 Výpočet pracovních teplot rozváděcího a kontaktního prvku	44
13.1.5 Výpočet akumulovaného tepla primárního chladicího systému	45
13.1.6 Doba potřebná k dosažení pracovních podmínek	46
13.2 Návrh a výpočet sekundárního chladicího systému	47
13.2.1 Návrh chladiče	47
13.2.2 Výpočet součinitele přestupu tepla	49
13.2.3 Vstupní a výstupní teplota vody v chladiči	50
13.2.4 Kontrola chladiče	50
13.2.5 Maximální uchlazený výkon	51
13.2.6 Množství vody v nádrži	52
13.3 Hydraulický okruh sekundárního chladicího systému	53
13.3.1 Místní ztráty v hydraulickém okruhu	54
13.3.2 Třecí ztráty v hydraulickém okruhu	58
13.3.3 Celková tlaková ztráta v hydraulickém okruhu	59
13.3.4 Volba čerpadla	59
14. Čistá stavební struktura	60
14.1 Schématický popis čisté stavební struktury navrženého zařízení	61
Závěr	65
Poděkování	66
Seznam použité literatury	67
Seznam obrázků	71
Seznam tabulek	73
Seznam příloh	74

Seznam použitých značek a symbolů

A.....	Délka peltierova článku	[m]
a.....	Šířka kanálku	[m]
B.....	Šířka peltierova článku	[m]
b	Výška kanálku	[m]
C.....	Délka peltierova článku	[m]
cp_{H_2O}	Měrná tepelná kapacita vody	[kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
cp_k	Měrná tepelná kapacita kontaktního prvku	[kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
cp_r	Měrná tepelná kapacita rozváděcího prvku	[kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
D.....	Šířka peltierova článku	[m]
D_H	Hydraulický průměr	[m]
D_k	Průměr kontaktního prvku	[m]
D_r	Průměr rozváděcího prvku	[m]
D_{tmax}	Maximální rozdíl teplot stran peltierova článku	[°C]
H.....	Výška peltierova článku	[m]
I_{max}	Maximální napájecí proud	[A]
l_k	Tloušťka kontaktního prvku	[m]
l_r	Tloušťka rozváděcího prvku	[m]
\dot{m}_{H_2O}	Hmotnostní průtok v chladiči	[kg.s ⁻¹]
m_{H_2O}	Hmotnost vody v okruhu	[kg]
m_k	Hmotnost kontaktního prvku	[kg]

m_r	Hmotnost rozváděcího prvku	[kg]
Nu	Nusseltovo číslo	[-]
O_k	Obvod kanálku	[m]
$P_{\text{čl}}$	Tepelný výkon člověka	[W]
P_{chl}	Maximální chladivý výkon	[W]
P_{kolene}	Tepelný výkon kolena	[W]
P_{max}	Maximální uchlazitelný výkon	[W]
Pr	Prandtlovo číslo	[-]
p_z	Tlaková ztráta v obecném místě	[Pa]
p_{celk}	Celková tlaková ztráta	[Pa]
p_{zm}	Místní tlaková ztráta	[Pa]
p_{zt}	Třecí tlaková ztráta	[Pa]
q_1	Hustota tepelného toku rozváděcího prvku	[W.m ⁻²]
q_2	Hustota tepelného toku kontaktního prvku	[W.m ⁻²]
Q_{Acelk}	Celkové akumulované teplo	[J]
Q_{Ak}	Akumulované teplo kontaktního prvku	[J]
Q_{Ar}	Akumulované teplo rozváděcího prvku	[J]
$q_{\text{čl}}$	Hustota tepelného toku člověka	[W.m ⁻²]
Re	Reynoldsovo číslo	[-]
Re_{chladi}	Reynoldsovo číslo pro proudění v chladiči	[-]
$S_{\text{čl}}$	Plocha člověka	[m ²]
$S_{\text{dlaně}}$	Plocha dlaně	[m ²]

S_k	Plocha kontaktního prvku	[m ²]
S_{kolene}	Plocha kolena	[m ²]
S_p	Plocha kanálku chladiče	[m ²]
S_{pr}	Průtočná plocha	[m ²]
S_r	Plocha rozváděcího prvku	[m ²]
S_{tepl}	Teplosměnná plocha chladiče	[m ²]
t_1	Teplota stěny kontaktního prvku	[°C]
$t_{1H2Omax}$	Maximální teplota vstupující vody	[°C]
t_2	Teplota stěny rozváděcího prvku	[°C]
t_3	Teplota studené strany peltierova článku	[°C]
$t_{H2Ostř}$	Střední teplota vody	[°C]
t_{chlad}	Teplota stěny chladiče	[°C]
t_{Kprac}	Pracovní teplota kontaktního prvku	[°C]
T_{max}	Maximální teplota peltierova článku	[°C]
t_{ok}	Teplota okolí	[°C]
t_{Rprac}	Pracovní teplota rozváděcího prvku	[°C]
U_{max}	Maximální napájecí napětí	[V]
v	Rychlost proudění v daném průřezu	[m.s ⁻¹]
V_{H2O}	Objem vody v nádrži	[l]
v_{chlad}	Rychlost proudění vody v chladiči	[m.s ⁻¹]
V_k	Objem kontaktního prvku	[m ³]
V_r	Objem rozváděcího prvku	[m ³]

α_{H2O}	Součinitel přestupu tepla vody	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
$\overline{\Delta t}$	Střední rozdíl teplot chladiče a vody	[°C]
Δt_{H2O}	Rozdíl teplot vstupující a vystupující vody	[°C]
Δt_{H2Ochl}	Rozdíl teplot vody na počátku a na konci chlazení	[°C]
Δt_{max}	Maximální rozdíl teploty vody a teploty chladiče	[°C]
Δt_k	Rozdíl okolní a pracovní teploty k. prvku	[°C]
Δt_r	Rozdíl okolní a pracovní teploty r. prvku	[°C]
η_{H2O}	Dynamická viskozita vody	[Pa.s]
λ	Součinitel třecích ztrát	[-]
λ_{H2O}	Součinitel tepelné vodivosti vody	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
λ_k	Součinitel tepelné vodivosti kontaktního prvku	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
λ_r	Součinitel tepelné vodivosti rozváděcího prvku	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
ν_{H2O}	Kinematická viskozita vody	[m ² .s ⁻¹]
ρ_{H2O}	Hustota vody	[kg.m ⁻³]
ρ_k	Hustota materiálu kontaktního prvku	[kg.m ⁻³]
ρ_r	Hustota materiálu rozváděcího prvku	[kg.m ⁻³]
τ_{bz}	Čas vychlazování bez zatížení	[s]
τ_{chl}	Doba celkového chlazení	[s]
τ_{sz}	Čas vychlazování se zatížením	[s]
ζ	Součinitel místních ztrát	[-]

1 Úvod

Lidstvo se nachází v době velkého rozvinu ve všech vědních disciplínách a pokrok neminul ani obor medicíny. Trh nabízí celou škálu ať již přírodních, nebo chemicky vyrobených medikamentů a zákazník má možnost si takové medikamenty pořídit velice snadno a rychle. Lék je takřka na vše, od banálních problémů a onemocnění, až po velice těžké nemoci a potíže. Existují ovšem případy, kdy k vyléčení potíží postačí aplikace staré léčebné metody a respekt k fyziologickým pochodům lidského těla.

Cílem bakalářské práce je navrhnout a zkonstruovat zařízení, které je schopné aplikovat na člověku léčbu chladem. Jedná o zařízení, které je schopné člověku, který prodělal problémy s kolenním kloubem obohatit rehabilitaci a léčbu o zmíněnou metodu.

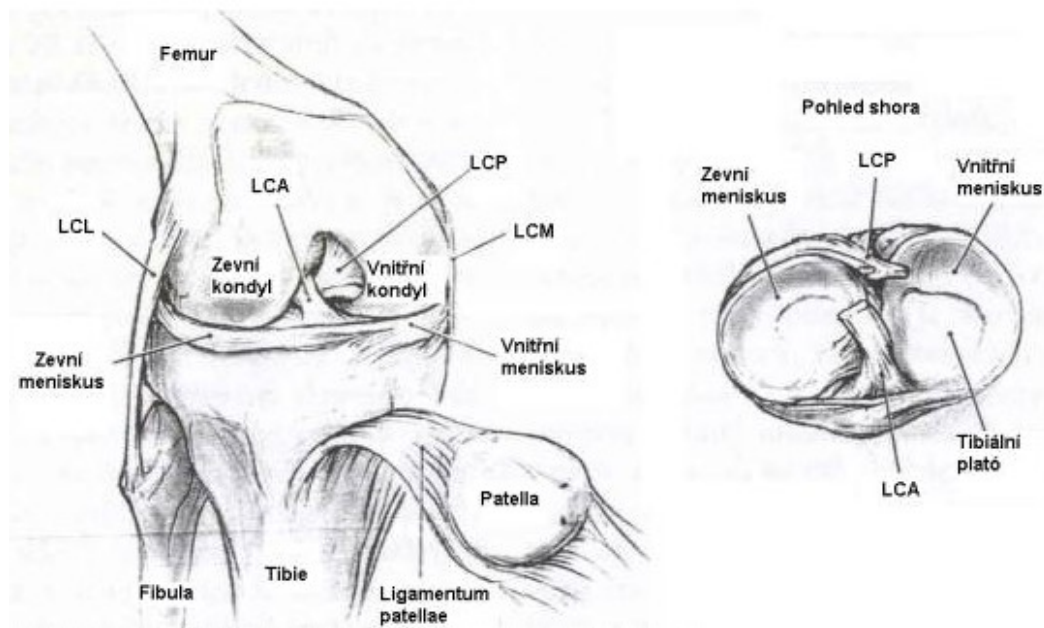
Jednoduchost a prostost léčebné metody si žádá o své místo v oblasti medicíny. Je tedy výzvou navrhnout provozuschopné zařízení, které v sobě skloubí jednoduchost, efektivitu a hlavně konstrukční pokrok. Nač se omezovat na pouhé chlazení ledem, nebo studenou vodou, jejichž teplotu nelze regulovat, když existují prvky jako je peltierův článek, u kterého je regulace chladicího efektu zcela v rukou člověka? Nač si nekomfortně přikládat ke končetině sáček s ledem, když může pacient s vhodně navrženým zařízením pohodlně rehabilitovat? Je třeba si uvědomit, že léčba chladem je jednou z mnoha fází léčebného procesu. Nicméně dle mého názoru dokáže člověku značně pomoci. Jedná se o rychlost a efektivitu ozdravného procesu, ve kterém se skrývá ekonomický faktor. Nebo také o prevenci před neblahými poúrazovými důsledky.

Dané téma mě zaujalo z důvodu aplikace širokého spektra technických oborů v dané konstrukci. Propojení medicíny, termomechaniky, mechaniky tekutin a částečně i ergonomie v kombinaci s řízením a elektronikou je více než zajímavé.

2 Úvod do problematiky kolenního kloubu

2.1 Základní anatomie kolenního kloubu

Hlavní část kolenního kloubu tvoří dolní část kosti stehenní, horní část kosti stehenní a česka. Tekutina, která snižuje vzájemné tření ploch a vyživuje chrupavku je produkována kloubní vystélkou. Vnitřní část kolene tvoří kloubní chrupavka, meniskus, vazy a šlachy. Chrupavka má za úkol krýt povrchy. Meniskus jako vazivově chrupavčitá tkáň má za úkol chránit kloubní chrupavku a pomáhá rozložit zatížení kloubu. Dalším úkolem menisku je zvyšování stability. Kolenní kloub dále obsahuje statické a dynamické stabilizátory. Statické stabilizátory jsou tvořeny kloubním pouzdrem a postranními vazy, dále zkříženými vazy a menisky. Dynamické stabilizátory jsou tvořeny zejména čtyřhlavým svaem a hamstringy. V kolenním kloubu dochází často ke zranění měkkých struktur kolenního kloubu. Vzhledem k tomu, že koleno je funkčně značně zatížený aparát, dochází často k postižení v dané oblasti. Aby koleno správně fungovalo, musí fungovat i souhra všech uvedených částí. [1]



Obrázek 1: Zobrazení kolenního kloubu [1]

2.2 Nejčastější poranění kolenního kloubu

Poranění měkkého kolena je jedním z nejčastějších důvodů bolesti kolenního kloubu, se kterým se setkáváme jak v běžné, tak ve sportovní praxi. Poranění měkkého kolena zahrnuje následující typy zranění:

- Poranění menisků
- Poranění zkřížených vazů
- Poranění postranních vazů
- Poranění chrupavky
- Bolesti v oblasti pately (česky) [1]

Takové typy poranění mohou provázet například zánět, či otok. Zánět nastává ve chvíli, kdy organismus vyhodnotí, že je něco v nepořádku. Jde o situaci kdy je poškozená tkáň. Zastává sice obrannou funkci, nicméně může být i poškozující reakcí organismu (rozvoj chronického zánětlivého procesu). Může být vyvolán infekčními mikroorganismy, působením chemických a fyzikálních vlivů nebo ischemií tkáně. [2]

Pokud se ve tkáni nebo orgánu nachází více tekutiny než za normálních fyziologických okolností, lze mluvit o otoku. Jde o místní poruchu krevního oběhu například i s příčinou mimo kardiovaskulární systém. Příčiny lze rozdělit na dvě kategorie. Zánět a úraz jsou příčiny místní. Selhání například srdce či ledvin patří do kategorie celkové. [3]



Obrázek 2: Otok [4]

3 Léčba chladem

Terapie chladem je jedna z medicínských metod využívaná již odedávna. Již od starověku lidé poznávali příznivé účinky chladu na poškozenou tkáň. Jako příklad stačí zmínit římské vojáky, či starodávne Egypťany, kteří při svých taženích prošli řadou bojů a utrpěli nesčetná zranění. Na svá bolestivá místa přikládali led a ledové zábaly. Součástí lidové medicíny je také používání ledových zábalů při horečce a léčení otoků. [5]

3.1 Řízená hypotermie a léčba chladem při rehabilitaci

Ať se jedná o jakékoliv poškození tkáně, výsledkem je zánět. Složitým procesem putují do tkáně chemické látky z krve a rozpadlých buněk. Z krve, proudící rozšířenými cévami, se do prostoru dostávají mediátory zánětu a metabolity. Následkem toho postižené místo hřeje, bolí a je oteklé. [6]

Vzhledem k tomu, že chlad znecitlivuje tkáň, je přínosem, když si rehabilitující člověk před cvičením tkáň vychladí. Danému člověku se bude lépe cvičit. Navíc chlad snižuje svalové bolesti a křeče, proto se dosáhne lepší pohyblivosti aparátu. Nicméně je potřeba si dávat pozor na omrzliny a poradit se s lékařem či fyzioterapeutem, zda je léčba chladem při konkrétním typu zranění na místě. [7]



Obrázek 3: Chlazení postiženého místa [7]

4 Dosavadní stav techniky

V dnešní době se na trhu objevují přípravky pro chlazení tzv. vlhkým chladem, suchým chladem a komerční přípravky typu chladicího gelu. Všechny jmenované metody zahrnují prosté chlazení zmrzlou vodou, suchým syntetickým ledem ve spreji, či gelovými polštářky a poduškami které pracují na principu chemické reakce. Moderními metodami jsou pak sofistikované termoregulační systémy, pracující na principu cirkulace kapaliny, či proudění vzduchu. [6]

4.1 Chlazení ledem

Chlazení ledem je nejprimitivnější, ale také velmi účinnou metodou k zamezení vzniku otoků, či zmírnění bolesti poraněné tkáně. Použít se mohou jednoduché sáčky a obaly naplněné zmrzlou vodou, nebo sáčky se zmrzlými částicemi např. hrášek, které velmi dobře kopírují povrch a tvar poraněného místa. Modernější metodou jsou chladicí sáčky s instantním ledem, u kterých se chladivý efekt aktivuje stlačením.



Obrázek 4: Chlazení ledem [8]

4.2 Chladicí spreje

Led ve spreji je syntetický, suchý a slouží k rychlému zchlazení, znecitlivění tkáně a snížení bolesti. Na trhu se objevuje celá škála druhů sprejů, které slouží zejména pro rychlou pomoc při frakturách a natržených vazech. Spreje se často objevují v nezbytné výbavě sportovců.



Obrázek 5: Chladicí sprej [9]

4.3 Chladicí gely

Chladicí gely, stejně jako led, pracují na dvou principech. Na předchozím vychlazení, například v mrazáku, či na instantní bázi, kde je chlazení aktivováno stlačením.



Obrázek 6: Chladicí gel [10]

4.4 Systémy s cirkulací chladicí kapaliny

Jsou to termoregulační moderní systémy, které jako zdroj chlazení využívají cirkulující chladicí kapalinu, která protéká chladicími prvky, jako jsou vodní matrace, podušky, panely a bloky. Prvky těsně přiléhají a obepínají místo poškozené tkáně a jsou dobře tvarovatelné. Jako příklad lze uvést výrobce Polymed medical CZ a výrobek BLANKETROLL III. Zařízení je hypo – hypertermický vodní systém s možností kontrolovat a definovat pacientovu teplotu. Jeho funkce z něj dělají nejmodernější hypotermické zařízení na trhu. [11]



Obrázek 7: BLANKETROLL III [11]

Některé z funkcí zařízení:

- Udržuje teplotu těla na požadované hodnotě
- Možnost programování gradientů teploty
- Funkce Gradient 10°C
- Funkce Gradient variable
- Funkce SMART
- Velký průtok vody
- Rychlá odezva
- Velmi tichý chod [11]



Obrázek 8: Vodní matrace [12]

4.5 Zhodnocení dosavadního stavu techniky

V dnešní době se k povrchovému chlazení resp. mírné lokální hypotermii využívají chladicí obklady na bázi prostého ledu, sáčky a podušky naplněné chladivým gelem, nebo spreje naplněné syntetickým ledem. Výhody takovýchto zařízení jsou jejich snadná přenosnost a použití prakticky za jakýchkoliv podmínek. Při chlazení pouze zmrzlou vodou nastává problém s okamžitou přípravou zařízení. Ledové sáčky je třeba předem namrazit a doba použití je omezená. Gelové sáčky musíme opět nejprve zchladit například v lednici a teprve je možno je použít k lokálnímu chlazení. Není doporučeno sáčky přikládat v přímém kontaktu s pokožkou, protože by mohlo dojít ke vzniku omrzlin. Nevýhodou je, že gel i led po vzájemné tepelné výměně již nejsou schopny dále chladit a je nutné je opětovně vychladit. Výhody sprejů se suchým syntetickým ledem jsou bezesporu jejich univerzální použití bez nutnosti přípravy před aplikací. Jsou hojně využívány sportovci, u kterých existuje riziko náhlého poranění a vznik akutních pohmožděnin, otoků apod. Nevýhodou sprejů je jejich omezenost doby využívání. Po vyprázdnění obsahu již není možné je dále používat nebo naplnit.

Z dosavadního stavu techniky jsou dále známé termoregulační systémy na bázi cirkulace kapaliny. Ty pracují na principu proudící kapaliny, která chladí poškozenou tkáň. Kapalina je v kontaktu s poškozenou tkání pomocí různých matrací a podušek. Systémy jsou používány zejména na větších klinikách a v nemocničním prostředí. Jsou velmi sofistikované a nabízejí širokou škálu možností- od regulace chladicí teploty a setrvávání na konstantní hodnotě až po monitoring stavu, poloautomatické, nebo zcela automatické řízení apod. Nicméně systémy jsou relativně drahé a těžké, či obtížně přenosné.

Závěrem je nutno položit si základní otázku:

Jaké hlavní požadavky by mělo chladicí zařízení kolenní oblasti při rehabilitaci splňovat?

Moderní chladicí zařízení by v základu mělo zajistit možnost chladit tkáň libovolnou teplotou doporučenou lékařem. Z hlavních nevýhod plyne, že v dosavadní technice není umožněno chladicí teplotu udržet v čase na konstantní hodnotě, případně teplotu libovolně měnit. A pokud ano, přístroje jsou drahé a těžké. Bylo by vhodné zkonstruovat takové zařízení, které dosavadní problémy a nedostatky současných zařízení eliminuje.

5 Upřesnění zadání

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

6 Konzultace tématu s ortopedem

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

7 Požadavkový list

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

8 Kritéria hodnocení pro výběr konceptu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

9 Technický proces

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

9.1 Schéma technického procesu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

10 Funkční struktura

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

10.1 Seznam funkcí

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

10.2 Funkční strom

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

10.3 Funkční blokové schéma

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

11 Morfologická matice

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

12 Orgánová struktura

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

12.1 Schéma orgánové struktury varianty A

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

12.2 Popis varianty A

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

12.3 Schéma orgánové struktury varianty B

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

12.4 Popis varianty B

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

12.5 Výběr konceptu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13. Hrubá stavební struktura vybraného konceptu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.1 Primární chladicí systém navrhovaného zařízení

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.1.1 Chlazený výkon a volba peltierova článku

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.1.2 Tepelný výkon lidského kolene

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.1.3 Akumulované teplo primárního chladicího systému

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.1.4 Výpočet pracovních teplot rozváděcího a kontaktního prvku

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.1.5 Výpočet akumulovaného tepla primárního chladicího systému

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.1.6 Doba potřebná k dosažení pracovních podmínek

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.2 Návrh a výpočet sekundárního chladicího systému

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.2.1 Návrh chladiče

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.2.2 Výpočet součinitele přestupu tepla

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.2.3 Vstupní a výstupní teplota vody v chladiči

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.2.4 Kontrola chladiče

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.2.5 Maximální uchladielný výkon

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.2.6 Množství vody v nádrži

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.3 Hydraulický okruh sekundárního chladicího systému

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.3.1 Místní ztráty v hydraulickém okruhu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.3.2 Třecí ztráty v hydraulickém okruhu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.3.3 Celková tlaková ztráta v hydraulickém okruhu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13.3.4 Volba čerpadla

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

14. Čistá stavební struktura

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

14.1 Schématický popis čisté stavební struktury navrženého zařízení

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Závěr

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Poděkování

Mnohokrát děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňkovi Nogovi, CSc. za ochotu a odborný přínos, který do mé bakalářské práce vložil.

Seznam použité literatury

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Seznam obrázků

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Seznam tabulek

Tabulka 1: Seznam funkcí chladicího zařízení	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 2: Orgány varianty A	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 3: Orgány varianty B	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 4: Hodnocení konceptů	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 5: Tepelná produkce člověka [18]	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 6: Parametry peltierova článku [17]	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 7: Rozměry zvoleného peltierova článku [17]	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 8: Parametry rozváděcího prvku [20]	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 9: Parametry Kontaktního prvku [20],[21] .	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 10: Fyzikální vlastnosti vody [20]	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 11: Součinitel místních ztrát koleno[27]	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 12: Součinitel ztráty v oblouku[27]	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 13: Místní ztráty	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 14: Třecí ztráty	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 15: Souhrn tlakových ztrát	Chyba! Záložka není definována.

Seznam příloh

Název přílohy:	Počet listů/formát listu:
Příloha A: Morfologická matice	1/A3
Příloha B: Komponenty chladicího okruhu	4/A4
Příloha C: Komponenty nastavení a upínání	2/A4

Výkresová dokumentace

Název výkresu:	Číslo výkresu:	Formát výkresu:
Sestava zařízení	BRE0100-BP-00.00	A1
Vrchní část skeletu	BRE0100-BP-00.01	A3
Spodní část skeletu	BRE0100-BP-00.02	A3
Boční část skeletu	BRE0100-BP-00.03	A4
Kryt bočního skeletu	BRE0100-BP-00.04	A3
Nosná deska	BRE0100-BP-00.05	A3
Sestava chladiče	BRE0100-BP-01.00	A4
Blok chladiče	BRE0100-BP-01.01	A4
Víko chladiče	BRE0100-BP-01.02	A4
Těsnění chladiče	BRE0100-BP-01.03	A4

Obsah příloh a výkresové dokumentace je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.